

Klinik für Kleintierchirurgie  
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich  
Direktor: Prof. Dr. med. vet. Dipl. ECVS, AVCS, ACVSMR Antonio Pozzi

Arbeit unter wissenschaftlicher Betreuung von  
Dr. med. vet. ECVS Daniel A. Koch  
Überweisungsklinik für Kleintierchirurgie, Diessenhofen

**Vergleich verschiedener Messmethoden zur Bestimmung der  
Käfiggrösse bei der Kreuzbandrissbehandlung TTA**

**Inaugural-Dissertation**  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

**Olivia Madeleine Kiefer**

Tierärztin

von MuttENZ, Baselland

genehmigt auf Antrag von  
Prof. Dr. med. vet. Dipl. ECVS, ACVS, ASVSMR Antonio Pozzi  
Prof. Dr. med. vet. Dipl. ECVDI Patrick R. Kircher

**Zürich 2017**

**Meinen Eltern Regina und Michael  
Meinem Partner Marco  
Meiner Tochter Amalia Lara**

## Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	4
2. Summary .....	5
3. Einleitung und Zielsetzung .....	6
4. Material und Methoden .....	11
4.1 Vorversuch .....	11
4.2 Hauptversuch .....	12
4.2.1 Patientengut.....	12
4.2.2 Röntgenbilder.....	13
4.2.3 Ausmessen der Röntgenbilder .....	14
4.2.4 Ein und Ausschlusskriterien .....	16
4.3 Angewendete Methoden zur Ermittlung der Cage Grösse .....	16
4.3.1 Parallelverschiebungsmethode (PV) .....	16
4.3.2 Common Tangent Methode (CT).....	17
4.3.3 Methode 2.1.....	19
4.3.4 Margo Cranialis Methode (MC).....	19
4.4 Statistik.....	20
5. Ergebnisse .....	21
5.1 Ergebnisse Vorversuch .....	21
5.2 Ergebnisse Hauptversuch.....	21
6. Diskussion .....	25
6.1 Diskussion Vorversuch.....	25
6.2 Diskussion der Methoden .....	26
6.2.1 Gewichtsklasseneinteilung.....	28
6.3 Diskussion der Resultate .....	29
7. Schlussfolgerung .....	33
8. Literaturverzeichnis.....	34
9. Lebenslauf.....	38
10. Danksagung.....	39
11. Abbildungsverzeichnis.....	40

## 1. Zusammenfassung

Der vordere Kreuzbandriss beim Hund ist eine der häufigsten orthopädischen Probleme in der Tierarztpraxis. Übervertreten sind grosse Rassen wie Labrador und Rottweiler, sowie Hunde mit einer steilen Hinterhand wie Boxer, American Staffordshire Terrier oder Bulldoggen. Behandlungsmöglichkeiten reichen von konservativer Therapie, über intraartikuläre und extraartikuläre Techniken bis zu den Korrekturosteotomien. Beim Tuberositas tibiae advancement (TTA) wird die Tuberositas tibiae mittels Osteotomie von der Tibia abgesetzt und nach kranial verlagert, um den Winkel zwischen der Patellarsehne und dem Tibiaplateau auf  $90^\circ$  zu korrigieren. Bei dieser Technik ist es präoperativ essentiell, das Ausmass der Kranialisierung, welche durch einen Metallkäfig (Cage) erreicht wird, zu bestimmen. Bis anhin wurde dies mit der anspruchsvollen Methode „Common Tangent“ als Goldstandard berechnet. In dieser Arbeit haben wir andere Methoden zur Berechnung der Cagegrösse beschrieben und deren Anwendbarkeit getestet. Die 2.1 Methode nach Koch hat sich als einfache und sichere Methode zur Berechnung der Cagegrösse erwiesen. Diese Methode eliminiert die Lagerungsprobleme (Winkelung des Femorotibialgelenkes) und die Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Hilfslinien bei der Common Tangent Methode. Es hat sich herausgestellt, dass die Konformation der Tibia ein wichtiger Faktor bei der Entstehung eines vorderen Kreuzbandrisses beim Hund darstellt.

## 2. Summary

The rupture of the anterior cruciate ligament in the dog is one of the most frequently seen orthopaedic problems presented in the veterinary practice. Often large breeds such as Labradors and Rottweilers, as well as dogs with straight hind quarters such as Boxers, American Staffordshire Terriers, or bulldogs are affected. Therapeutic options include conservative management, intra-articular and extra-articular stabilizing techniques, and the nowadays well established corrective osteotomies. In Tuberositas Tibiae Advancement (TTA), the tuberositas tibiae is osteotomized and is shifted cranially in order to achieve an angle of  $90^\circ$  between the patellar tendon and the tibial plateau. With this technique it is important to preoperatively determine the desired advancement which is achieved via a metal cage. Up to now the “gold standard” used for this measurement is the very demanding Common Tangent Method. In this thesis, we have illustrated and evaluated other methods to determine the cage size. The 2.1 Method according to Koch has proved to be a simple and safe method for this calculation. This method eliminates the difficulties that arise using the Common Tangent Method when positioning the femoro-tibial joint in the correct angle or when determining the help lines. It was found that the conformation of the tibia plays an important role in the pathogenesis of the cranial cruciate ligament rupture in the dog.

### 3. Einleitung und Zielsetzung

Die an einem Kreuzbandriss beteiligten Elemente umfassen alle am Kniegelenk beteiligten Strukturen. Das Kniegelenk besteht aus 3 Teilgelenken. Es sind dies das Kniekehlgelenk, das Kniescheibengelenk und das proximale Tibiafibularisgelenk. Die Streckung und Beugung im Kniegelenk erfolgt als Rollgleitbewegung der beiden Menisken, wobei der laterale Meniskus grösser und dicker ist als der mediale. Der mediale Meniskus ist stärker verankert und geniesst deshalb weniger Bewegungsfreiheit. Beide Menisken werden durch 6 Bänder gehalten. Weiter befinden sich 3 Sesambeine am Kniegelenk, wobei die Patella nicht dazu gezählt wird (Koch und Fischer, 2015). Der Quadrizepsmuskel fungiert als Hauptkraftgeber des Kniegelenks. Gemäss Vektoranalyse zieht ein Teil senkrecht zum Tibiaplateau (FJC), während sein nach kranial gerichteter Anteil, die Scherkraft (cranial tibial thrust, CTT), permanent am vorderen Kreuzband zieht. Die Kraft ist umso stärker, je grösser und schwerer der Hund ist, je steiler die Hinterhand steht (Boxer, viele sog. Kampfhunde), je aktiver der Hund ist, je schmaler die proximale Tibia ausgebildet ist und je steiler das Tibiaplateau abfällt (Inauen et al., 2009).

Der vordere Kreuzbandriss des Hundes ist eine der häufigsten Lahmheitsursachen bei Hunden (Vasseur, 1993). Die Ursachen des vorderen Kreuzbandrisses sind bis heute noch nicht vollständig geklärt und werden kontrovers diskutiert. Neben genetischen Faktoren (Vasseur et al., 1985; Whitehair et al., 1993; Duval et al., 1999), Körpergewicht (Whitehair et al., 1993; Duval et al., 1999), Rassenprädisposition (Whitehair et al., 1993) und Degeneration (Vasseur et al., 1985; Moore und Read, 1995; Hayashi et al., 2004) hat auch die Konformation der am Knie beteiligten Knochen und Strukturen (Read und Robins, 1982; Shelbourne et al., 1998; Selmi und Padilha Filho, 2001;

Osmond et al., 2006) einen Einfluss auf die Pathophysiologie. Reisst das vordere Kreuzband des Hundes, überwiegt die nach kranial gerichtete Scherkraft CTT (Slocum und Devine, 1983) und es resultiert eine Instabilität im Knie. Diese CTT ist verantwortlich für die kraniale Subluxation der Tibia während der Belastungsphase eines Hundes mit vorderem Kreuzbandriss. Als Folge treten neben Schmerzen und Entzündungsreaktionen auch chronisch degenerative Gelenksveränderungen und Meniskusschäden auf.

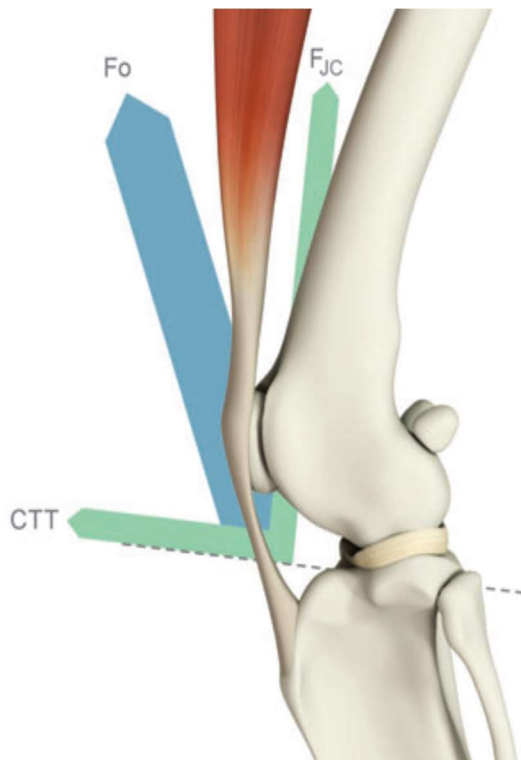


Abbildung 1: Das Kniegelenk in Seitenansicht mit Vektoranalyse. Der Quadrizepsmuskel fungiert als Hauptkraftgeber des Kniegelenks. Ein Teil zieht senkrecht zum Tibiaplateau (FJC), während sein nach kranial gerichteter Anteil, die Scherkraft (cranial tibial thrust, CTT), permanent am vorderen Kreuzband zieht (Koch und Fischer, 2015).

Um einen vorderen Kreuzbandriss bei einem Hund zu behandeln, stehen, nebst der konservativen Therapie durch Ruhigstellung, zahlreiche Operationsmethoden zur Verfügung. Es werden extraartikuläre und intraartikulären Techniken sowie Korrekturosteotomien unterschieden. Die frühesten Methoden hatten das Ziel, das vordere Kreuzband als solches in seiner Funktion zu ersetzen. Beim extraaktikulären Bandersatz wird durch das Anlegen

eines Fadenzügels und durch Straffung des periartikulären Gewebes eine Stabilisation des Kniegelenks erreicht. Die Vorteile bestehen darin, dass diese Methoden schnell, wenig invasiv und ohne Anschaffung von spezialisiertem Instrumentarium erfolgen kann (Timmermann et al., 1996; Knebel und Meyer-Lindenberg, 2014). Beispiele hierfür sind die bekannten und weit verbreiteten extrakapsulären Bandersätze nach Flo und de Angelis (de Angelis und Lau, 1970; Flo, 1975), die Fibulakopftransposition (Smith und Torg, 1985) oder die Tightrope Technik nach Cook et al. (2007). Bei den intraartikulären Kreuzbandersatztechniken wird mit Hilfe von autogenem, allogenem oder synthetischen Material der Verlauf des Kreuzbandes möglichst genau rekonstruiert (Arnoczky et al., 1979).

Vor rund 20 Jahren wurden die Osteotomien zur Behandlung des Kreuzbandrisses eingeführt (Slocum und Slocum, 1993). Sie werden auch dynamische oder biomechanische Kreuzbandbehandlung genannt. Das Ziel ist eine Entlastung des Kreuzbandes durch Minimierung der kranialen Scherkraft CTT mittels unterschiedlicher Osteotomien der proximalen Tibia. Die Biomechanik des Knies wird so verändert, dass ein normaler, schmerzfreier Gang ermöglicht wird. Es sollten nach der Operation möglichst wenige arthrotische Veränderungen im Knie und Folgeschäden der Menisken auftreten. Zu den bekannten Osteotomiemethoden gehören die TTA (Tuberositas Tibia Advancement) (Montavon et al., 2002) oder die TPLO (Tibia Plateau Leveling Osteotomie) (Slocum und Devine, 1983). Die TPLO neutralisiert hierbei die nach kranial gerichteten Scherkräfte. Das Knie wird während der Belastungsphase funktionell stabilisiert. Dies wird erreicht durch eine radiale Osteotomie und Rotation des proximalen Teils der Tibia (Slocum und Slocum, 1993). Bei der TTA wird eine Osteotomie der Tuberositas Tibiae vorgenommen und das so entstandene Knochenfragment nach kranial vorgelagert um einen Winkel von 90° zwischen Tibiaplateau und Patellarband zu erreichen. Die proximale Tibia wird somit verbreitert. Der Grundgedanke dieser Operation ist,



dass der Quadrizepsmuskel als Hauptkraftgeber im Kniegelenk fungiert. Wenn dessen Winkel beim Ansatz an der Tuberositas tibiae rund  $90^\circ$  beträgt, kann die nach kranial gerichtete Scherkraft weitestgehend neutralisiert werden (Apelt et al., 2007; Miller et al., 2007). Es wird eine funktionale Stabilität des Kniegelenks während der Belastung erreicht (Montavon et al., 2002). Die Ansatzverschiebung des M. quadriceps geschieht mittels Längsosteotomie der Tuberositas tibiae und Einbringung eines platzhaltenden Titankäfigs. Das osteotomierte Knochenstück wird durch einen speziellen Kamm, eine Titanplatte und zwei Schrauben an die Diaphyse der Tibia befestigt (Montavon et al., 2002).

Es gibt verschiedene Methoden, um präoperativ zu berechnen, wie weit die Tuberositas tibiae nach kranial gerückt werden muss, damit der gewünschte Winkel zwischen Ligamentum patellae und Tibiaplateau erreicht werden kann. Der Goldstandard ist die Common Tangent Methode nach Tepic (Lafaver et al., 2007), welche auf der Parallelverschiebungsmethode nach Tepic (Montavon et al., 2002) aufgebaut ist. Bei beiden Methoden ist eine maximale Streckung des Kniegelenkes auf der mediolateralen Röntgenaufnahme Voraussetzung für eine korrekte Käfigmessung. Um die Messungenauigkeit, hervorgerufen durch die auf Röntgenbildern nicht standardisierte Kniestreckung zu umgehen, wurden alternative Messmethoden vorgeschlagen, welche sich ausschliesslich Parametern aus der Röntgenaufnahme der Tibia bedienen. Eine davon verwendet die Länge des Margo cranialis als Referenz und leitet daraus die Cagegrösse ab (Torrington, 2012). Eine weitere entstand aus der Untersuchung der Tibiakonformation als Risikofaktor für Kreuzbandrisses des Hundes (Inauen et al., 2009). Nach Ueberarbeitung durch Koch (2009) entstand daraus die sogenannte „2.1“ Methode, welche sich der Tibiaplateaulänge als Referenz bedient und daraus die optimale Tibiabreite nach TTA berechnet. Die Differenz zur effektiven Tibiabreite muss durch den Käfig ausgeglichen werden.

Ziel dieser Arbeit war es, die Cagegrössenbestimmung nach TTA insoweit zu vereinfachen, so dass sie unabhängig von der Kniegelenkwinkelung durchgeführt werden können. Zu diesem Zweck sollten die etablierten Methoden des Herstellers (Parallelverschiebung und Common tangent Methoden) gegen die neuen Methoden (Margo cranialis und der 2.1 Methode) getestet werden und ein zuverlässiger Modus für die TTA-Cagemessung vorgeschlagen werden. Die Hypothese lautete, dass bei gestrecktem Kniegelenk alle 4 Methoden dieselbe Käfiggrösse ergeben würden.

## 4. Material und Methoden

### 4.1 Vorversuch

Für den Vorversuch wurden vom rechten Knie eines männlichen, 8 Jahre alten und 33 kg schweren Mischlingshundes aus dem Patientengut der Daniel Koch Kleintierchirurgie AG, Diessenhofen sechs verschiedene Röntgenbilder im mediolateralen Strahlengang angefertigt. Das Kniegelenk wurde dafür in 6 verschiedenen Extensions- beziehungsweise Flexionspositionen seitlich mit der lateralen Seite nach unten gelagert. Das kontralaterale Bein wurde abduziert. Der femorotibiale Winkel wurde jeweils bestimmt (gemäss Anleitung Kapitel 4.2.3 Ausmessen der Röntgenbilder) und für eine TTA zu erwartende kraniale Verschiebung der Crista Tibiae wurde unter Verwendung der Common Tangent Methode nach Tepic (gemäss Anleitung Kapitel 4.2.3 Ausmessen der Röntgenbilder) gemessen.



Abbildung 2: Der Femorotibiale Winkel  $\alpha$  beträgt 77.2°

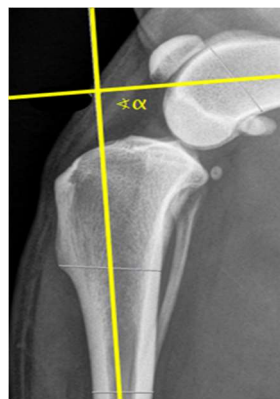


Abbildung 3: Der femorotibiale Winkel  $\alpha$  beträgt 91.6°



Abbildung 4: Der femorotibiale Winkel  $\alpha$  beträgt 108.4°



Abbildung 5: Der femorotibiale Winkel  $\alpha$  beträgt 146.6°

## 4.2 Hauptversuch

### 4.2.1 Patientengut

Es wurden 44 Hunde verschiedener Rassen aus dem Patientengut der Daniel Koch Kleintierchirurgie AG in Diessenhofen aufgrund diverser Knieprobleme (u.a. Patellaluxation, Kreuzbandriss) geröntgt (Tab. 1).

Tabelle 1: Untersuchte Hunde

Rasse	Anzahl
Labrador Retriever	5
Englische Bulldogge	2
Beagle	1
Berner Sennenhund	1
Berger de Pyrenees	1
Appenzeller Sennenhund	1
Chihuahua	2
Mops	1
Scotch Terrier	2
Continental Bulldogge	1
Lagotto	1
Yorkshire Terrier	1
Riesenschnauzer	1
Zwergschnauzer	1
Malteser	1
Cairn Terrier	1
Pudel	1
Fox Terrier	1
Papillon	1
Rottweiler	3
Deutscher Schäferhund	1
Entlebucher Sennenhund	1
Bullmastiff	1
Cane Corso	1
Pekinese	1
Mischlingshunde	10

Das Alter der Hunde variierte von 0.7 bis 13.4 Jahre ( $5.86 \pm 3.34$ ). Es waren 27 Hunde weiblich und 17 Hunde männlich. Bei 2 Hunden wurden beide Kniegelenke geröntgt. Das Körpergewicht variierte von 2.1 bis 50 kg ( $22.75 \pm 14.71$  kg).

#### 4.2.2 Röntgenbilder

Um eine möglichst gestreckte Aufnahme des Kniegelenkes zu erreichen, wurden die Hunde, welche sowieso wegen geplanter Eingriffe narkotisiert werden mussten, mit Buprenorphin (Temgesic®<sup>1</sup>, 15 µg/kg, IM) und Acepromazin (Prequillan®<sup>2</sup>, 0.05 mg/10kg, IM) vorsediert, ein intravenöser Verweilkatheter wurde in der Vena saphena lateralis platziert und die Anästhesie wurde mit Propofol (Propofol®<sup>3</sup>, 4-8 mg /kg, IV) eingeleitet und erhalten. Die Hunde wurden jeweils in Seitenlage auf den Röntgentisch gelegt. Das zu röntgende Knie befand sich direkt auf der Röntgenplatte, das andere Bein wurde rund 90° abduziert. Das zu untersuchende Knie wurde in eine maximal mögliche Streckposition gezogen um die physiologische Streckung des Femorotibialgelenkes während der Belastungsphase zu simulieren. Diese Stellung entspricht den von Tepic et al. (2002) vorgeschlagenen 135° Kniestreckung weitestgehend. Es wurden Röntgenbilder im medio-lateralen Strahlengang angefertigt. Zur Anwendung kamen der digitale Röntgenapparat ESOTRON-HF CMP 200 32kw (Communication + Power Industries Canada Inc.) und ein Speicherfoliensystem (Agfa CR 30-X mit der Bildaquisitionsoftware AGFA NX, Colimat M/). Die für die Aufnahme erforderlichen Strahlendosen ergaben sich aus der Dickenmessung des Knies, wonach die Röntgenanlage die entsprechenden Einstellungen selber generierte. Die Rohdaten wurden auf der Archivsoftware Conquest gespeichert.

---

<sup>1</sup>Firma Reckitt Benckiser AG, 8304 Wallisellen, Schweiz

<sup>2</sup>Firma Fatro S.p.A, Ozzano Emilia, Italien

<sup>3</sup>Firma Fesenius Kabi AG, 6370 Oberdorf NW, Schweiz

### 4.2.3 Ausmessen der Röntgenbilder

Die Rohdaten der Röntgenbilder wurden mit dem Programm Synedra View 3.1.0.4, Synedra AIM 3.1 „Artemis“ und einem Befundmonitor Agfa CR 30-x bearbeitet und vermessen. Zur Ermittlung des Cagegrössen wurden die Folien des Herstellers Kyon AG hinzugezogen. Die Folien, welche ursprünglich für nicht-digitale Röntgenbilder gefertigt wurden und deswegen eine Vergrößerung beinhalteten, wurden um 5% verkleinert ausgedruckt, damit sie auf der Originalgrösse der Röntgenbilder am Befundmonitor angewendet werden konnten. Verwendet wurden die Kyon AG Folien-Methode für die Parallelverschiebung sowie diejenige für die Common Tangent Methode.

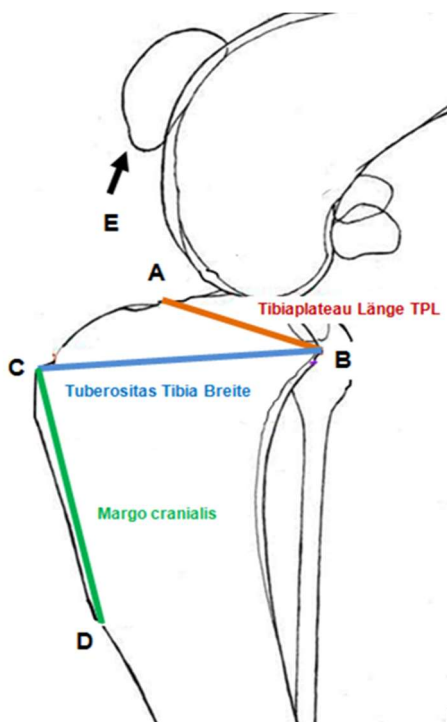


Abbildung 6: Darstellung der Messparameter zur Berechnung der Käfiggrösse

Definitionen der wichtigen Hilfspunkte und Strecken am Kniegelenk (Abb. 6):

- TPL: (Tibiaplateaulänge, rot) hierzu wurde der kranialste Punkt des Tibiaplateaus (A) mit dem kaudalsten Punkt des Tibiaplateaus (B) verbunden und die Länge gemessen

- TTB: (Tuberositas Tibiae Breite, blau) der proximalste Punkt des Margo cranialis tibiae (C) wurde mit dem kaudalsten Punkt des Tibiaplateaus (B) verbunden und die Länge gemessen. (wird gemessen vom kranialsten Rand des Tibiaplateaus zum kaudalsten Rand des Tibiaplateaus (zwischen den 2 Kondylen der Tibia))
- MC: (Margo cranialis, grün) der proximalste Punkt des Margo cranialis der Crista tibiae (C) wurde mit dem distalsten Punkt des Margo cranialis der Crista tibiae (D) verbunden und dessen Länge gemessen.
- Distaler Patellapol (E)
- Femorotibialer Winkel ( $\alpha$ ): Um den Winkel des Kniegelenks zu überprüfen, wurden jeweils zwei Schwerlinien auf dem Femur (auf Höhe des Isthmus der Diaphyse (G) und auf Höhe des proximalen Pols der Patella (H)) und zwei Schwerlinien auf der Tibia (auf Höhe des Isthmus der Diaphyse (I) und auf Höhe des distalen Endes des Margo cranialis(D)) gezeichnet (Abb. 7). Die so dargestellten Mittellinien von Femur und Tibia ergaben den Winkel  $\alpha$ .

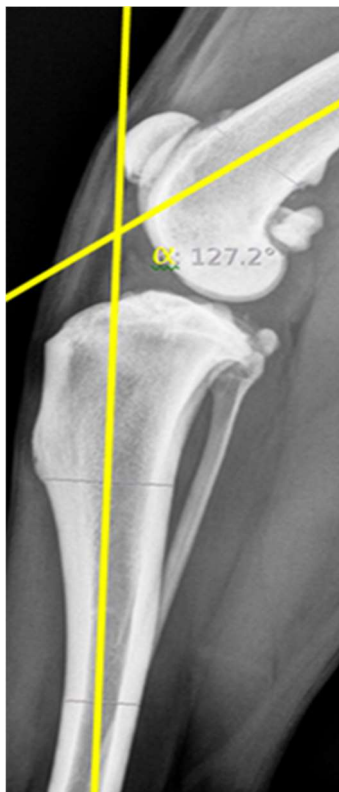


Abbildung 7: Bestimmung des femorotibialen Winkels mit Hilfe von Hilfslinien, Beim abgebildeten Knie ist der femorotibiale Winkel  $\alpha = 127.2^\circ$ .

#### **4.2.4 Ein und Ausschlusskriterien**

Eingeschlossen in die Untersuchung wurden Bilder, bei denen die Zentralpunkte der beiden Femurkondylen eine maximale Distanz von 25% des Durchmessers des medialen Femurkondylus aufwiesen. Der maximal erlaubte Abstand der kaudalen Enden der beiden Tibiakondylen betrug 15 % des Radius des medialen Tibiakondylus. Der Winkel des Femorotibialgelenks musste zwischen 110° und 145° (gemäss Messung Kapitel 4.2.3) betragen.

### **4.3 Angewendete Methoden zur Ermittlung der Cage Grösse**

#### **4.3.1 Parallelverschiebungsmethode (PV)**

Die erste Messmethode zur Bestimmung der Käfiggrösse wurde als Parallelverschiebung bekannt (Tepic et al., 2002). Bei dieser Methode wird auf dem laterolateralen Röntgenbild zuerst eine Hilfslinie entlang des Tibiaplateaus (TPL) eingezeichnet. Die speziell entwickelte Folie für die Parallelverschiebung wird auf den PC Monitor gelegt, wobei die Hilfslinie direkt auf das Tibiaplateau positioniert wird. Die Folie wird entlang der Hilfslinie so lange verschoben, bis die Senkrechte zur Hilfslinie den distalen Patellapol auf Höhe des kranialen Ansatzes des Kniescheibenbandes erreicht. Der Abstand zum proximalen Punkt des Margo cranialis (C) kann jetzt bestimmt werden und entspricht der Käfiggrösse (Abb. 8).





Abbildung 8: Das Tibiaplateau (rot) wird eingezeichnet. Die spezielle Folie zur Parallelverschiebung wird auf das Tibiaplateau platziert und parallel bis zum distalen Patellapol verschoben. Bei dem hier abgebildeten Knie kann eine Käfiggröße von 6mm abgelesen werden.

#### 4.3.2 Common Tangent Methode (CT)

Es handelt sich hierbei um die von der Firma Kyon AG als zweite Methode eingeführte Käfiggrößenbestimmung. Sie gilt heute als Goldstandard. Die Kreisfolie der Common Tangent Methode wird über die Femurkondylen auf das Röntgenbild in Originalgröße gelegt. Der Kreis, welcher den Femurkondylen vor allem im Kontaktbereich mit der Tibia am besten folgt, wird ausgesucht und dessen Mittelpunkt markiert. Sind die Femurkondylen nicht komplett übereinander gelagert, werden die jeweiligen Kondylen identifiziert und die Folie am Kontaktpunkt der Femurkondylen mit der Tibia aufgelegt, die Mittelpunkte beider Kondylen bestimmt, mit einer Linie verbunden und deren

Mitte gewählt. Mit der gleichen Kreisfolie wird auch der proximale Teil des mediale Tibiakondylus als Kreis angenähert und dessen Mittelpunkt eingezeichnet. Die Kante des Kreises sollte dem ganzen Kondylus folgen, nicht dem Tibiaplateau oder der interkondylaren Eminenz. Die beiden eingezeichneten Mittelpunkte von Femur und Tibia werden miteinander verbunden. Mit Hilfe der parallelen Linien der Folie, welche senkrecht zu der gemeinsamen Tangente der beiden Kreise (common tangent) stehen, kann die Käftgrösse nun bestimmt werden, indem die Nulllinie auf den Ansatz des Patellarbandes am kranialen Pol der Patella gelegt wird. Der Abstand zum Margo cranialis kann jetzt abgelesen werden und entspricht der Käftgrösse (Verhoeven, 2001).

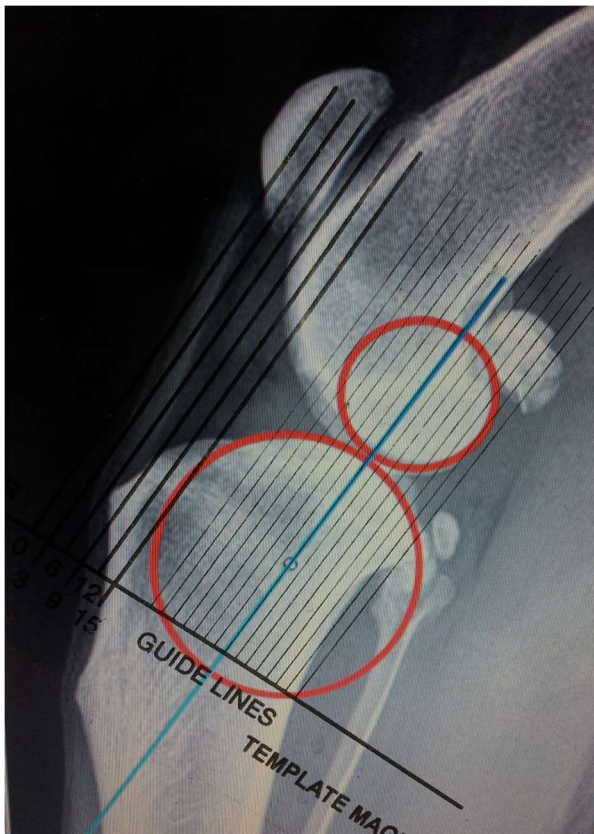


Abbildung 9: Mittels der Kyon Kreisfolie wurden die Mittelpunkte von Femurkondylen und Tibiakondylen bestimmt. Die Mittelpunkte wurden verbunden (blau) und die Hilfslinien parallel platziert. Hier wird eine Cagegrösse von 6mm gemessen.

### 4.3.3 Methode 2.1

Die TPL wird gemessen. Danach wird die TTB eingezeichnet und deren Länge gemessen. Die Käfiggröße ergibt sich aus der Formel  $2.1 \times TPL - TTB$ .

Formel 1:

$$\text{Käfiggröße} = 2.1 \times TPL - TTB$$

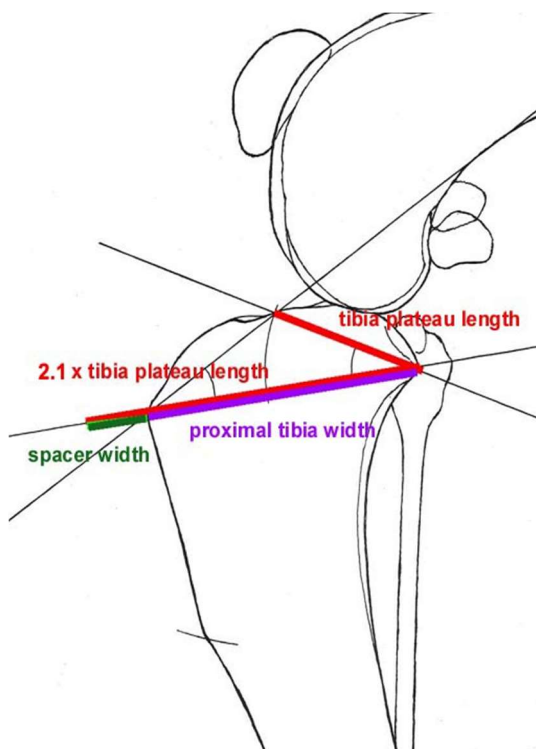


Abbildung 10: Ermittlung der Käfiggröße mit der 2.1 Methode

### 4.3.4 Margo Cranialis Methode (MC)

Für diese Methode muss die Länge des Margo cranialis der Crista tibiae vom proximalsten zum distalsten Punkt gemessen werden. Diese Länge wird durch

sechs (entspricht dem Abstand von einem Loch der Gabelplatte zum nächsten) dividiert und man erhält somit die Plattengrösse. Multipliziert man die Plattengrösse mit 1.75, erhält man die Käfiggrösse.

Formel 2:

$$\text{Käfiggrösse} = \text{Länge MC} / 6 \times 1.75$$

#### 4.4 Statistik

Wir haben die 4 Methoden gegeneinander und jeweils gegen das Körpergewicht mit Hilfe der Bland und Altman Methode (Bland und Altman, 1999) verglichen. Da die CT Methode den Goldstandard darstellt, war es möglich, die Methode mit der besten Übereinstimmung zu evaluieren. Zusätzlich wurden die Daten analysiert, um jegliche Hinweise auf nicht einheitliche Unterschiede in den Grenzen der Vereinbarung zu beweisen (non uniform differences in the limits of agreement, (Bland und Altman, 1999; Carstensen, 2010)). Variationen der Cagegrössen zwischen der CT und PV Methodik wurden nach einem allgemeinen linearen Modell analysiert. Alle Berechnungen wurden in R angefertigt (R Core Team 2015). Um die Methoden zu vergleichen, wurde das R Package „MethComp“ gebraucht.

## 5. Ergebnisse

### 5.1 Ergebnisse Vorversuch

Bei der Messung der Käfiggrößen beim selben Kniegelenk bei verschiedenen femoro-tibialen Winkelungen ergaben sich bei der Parallelverschiebungs- und Common Tangent Methode stark divergierende Resultate, währenddem bei der 2.1 und der MC Methode die Kniewinkelung keinen Einfluss auf die Käfiggrösse hatte. Erst bei maximaler Streckung von Femur und Tibia wurden mit allen Messmethoden ähnliche Käfiggrößen errechnet.

Tabelle 2: Käfiggrößenbestimmung mit 4 Methoden bei einem Knie in 6 verschiedenen Lagerungspositionen

Kniewinkel°	Parallel- verschiebung PV	Common Tangent CT	2.1 nach Koch	Margo Cranialis nach Torrington
77.2	-9	-4.5	9.7	7.6
90.1	-6	-6	9.7	7.6
91.6	-3	-3	9.7	7.6
108.4	4.5	3	9.7	7.6
125.7	6	6	9.7	7.6
146.6	6	6	9.7	7.6

### 5.2 Ergebnisse Hauptversuch

Der Vergleich mit dem Goldstandard (CT) zeigt, dass die PV Methode die grösste Übereinstimmung aufweist, mit einer mittleren Abweichung von - 0.23mm (CIs -1.33mm bis 1.82mm) zwischen den zwei Methoden. Ebenfalls gab es keine Evidenz, dass die mittlere Abweichung mit verändernder Cagegrösse variiert.

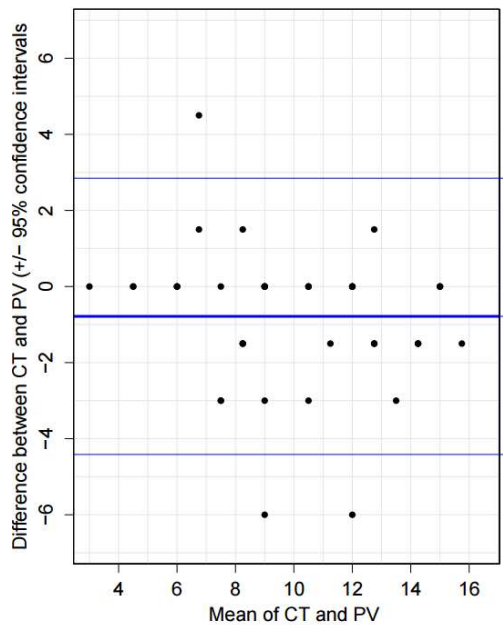


Abbildung 11: Vergleich zwischen Methode CT und PV

Die MC Methode zeigte die grösste Abweichung von 2.65mm und die grösste Variabilität in der Abweichung mit CIs von -1.97 bis 7.27mm, verglichen mit der CT Methode. Die mittlere Abweichung variierte jedoch nicht signifikant mit der Grösse der Differenz.

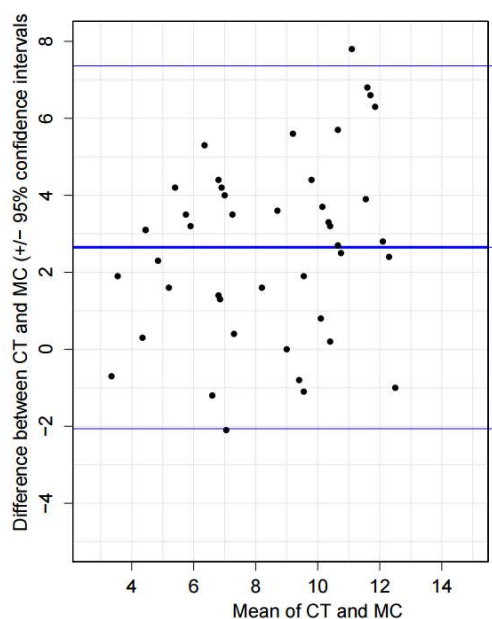


Abbildung 12: Vergleich zwischen der Methode CT und MC

Die 2.1 Methode zeigte eine mittlere Abweichung von 0.61mm (CIs -2.46mm-3.69mm) verglichen mit dem Goldstandard. Die Grösse dieser mittleren Abweichung variierte mit der Grösse der Cagegrösse ( $p=0.002$ ).

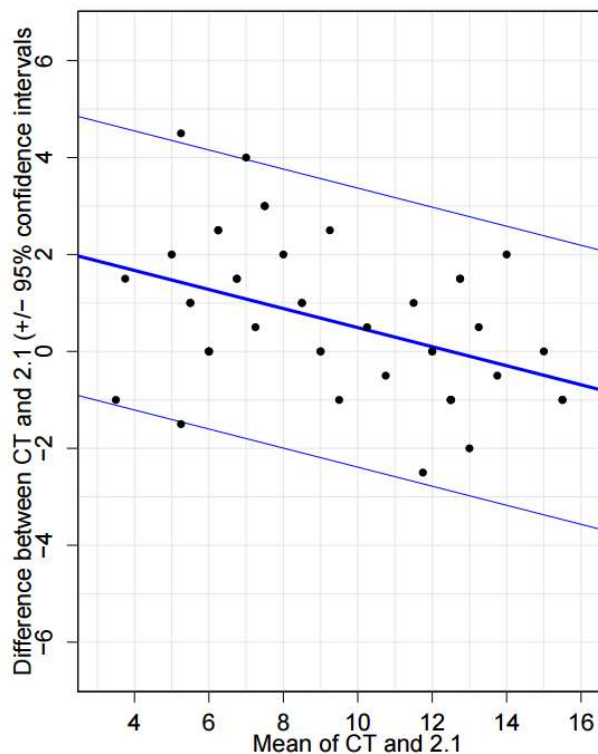


Abbildung 13: Vergleich zwischen der Methode CT und 2.1

Bei kleinerer Cagegrösse ergab die CT Methode eine höhere Messung, wenn jedoch die Cagegrösse wuchs, wurden die Abweichungen tendenziell kleiner.

Sowohl bei der CT Methode, als auch bei der PV Methode wuchs die Cagegrösse bei steigendem Gewicht des Hundes ( $0 < 0.0001$ ), das Alter hatte jedoch keinen Einfluss.

Tabelle 3: Uebersicht über die Ergebnisse nach Messung von 44 Knien, die Tabelle ist sortiert nach Körpergewicht der Hunde. Die Ergebnisse wurden auf zwei Dezimalstellen gerundet.

Gewicht kg	Kniewinkel°	PV	CT	2.1	MC
2	138.4	4.5	4.5	3	2.6
3	139.5	6	6	5	2.9
3	135	6	6	4	2.9
4	130.2	3	3	4	3.7
6	137.7	6	7.5	6	3.3
7	133.4	9	9	8	3.7
7	131.9	9	7.5	5	4.0
7	142.4	6	6	6	3.7
10	135	9	9	5	4.8
10	123.5	9	7.5	5	4.3
10	145.3	9	9	6	5.5
11	125.8	9	9	8	4.6
11	123.2	4.5	4.5	6	4.2
12	129.3	7.5	9	6	5.0
12	120	9	6	5	4.4
12	136.4	7.5	7.5	6	6.1
13	133.4	10.5	7.5	7	6.2
15	138	12	9	9	7.4
18	132.2	10.5	10.5	13	6.9
19	137.2	9	6	6	8.1
19	139.6	12	6	6	7.2
20	125	9	7.5	3	7.1
24	139.6	12	12	13	6.4
24	128	12	12	13	8.8
24	132.5	15	15	16	7.2
25	116.2	15	15	15	8.4
25	130.9	15	13.5	12	7.8
25	134.5	13.5	12	12	7.6
27	130.1	4.5	9	9	10.1
30	123.7	12	12	12	9.3
30	139.5	13.5	12	13	8.3
32	138.1	9	9	7	9.0
33	146	12	12	13	9.5
34	146.7	10.5	10.5	8	8.6
35	135.5	15	13.5	13	9.6
38	124.2	15	9	10	9.8
39	119	13.5	12	14	8.7
40	132.6	16.5	15	13	8.7
43	120.3	12	10.5	10	10.3
44	123.3	15	15	16	8.2
45	135	15	13.5	14	10.7
45	129.2	10.5	10.5	11	9.7
50	112.7	15	12	11	13.0
60	132.7	12	13.5	12	11.1



## 6. Diskussion

### 6.1 Diskussion Vorversuch

Um zu verdeutlichen, was ein Lagerungsfehler für Folgen für die Cagegrösse haben kann, haben wir bei einem Hund 6 verschiedene Röntgenbilder angefertigt. Wie haben eine Kniewinkelung von  $77.2^\circ$ ,  $91.1^\circ$ ,  $91.6^\circ$ ,  $108.4^\circ$ ,  $125.7^\circ$  und  $146.6^\circ$  erreicht. Es wurden bei allen 6 Bildern die oben beschriebenen 4 Cagegrössenmessungen durchgeführt. Es wurde deutlich, dass die Parallelverschiebung nach Tepic zu 6 verschiedenen Käfiggrössen führte, bei einem stark gebeugten Knie ( $77.2^\circ$ ) sogar zu einem Wert unter 0. Nur bei einer Streckung des Knies von  $\sim 135^\circ$ , kam es zu einer Übereinstimmung von Parallelverschiebungsmethode und Common Tangent Methode. Die Common Tangent Methode kompensierte zwar bis zu einem gewissen Beugungsgrad des Kniegelenks den Fehler einer zu geringen Streckung durch die Lagerung im Vergleich zur PV Methode, da sie dem Femur besser in die Berechnungen mit einbezieht, wir erhielten aber trotzdem 5 vollkommen verschiedene Grössen für den zu verwendenden Cage für eine TTA. Mit der 2.1 Methode erhielten wir jedoch unabhängig der Kniewinkelung sechsmal dasselbe Resultat, da bei der Berechnung nur die Tibiaanatomie eine Rolle spielte. Auch die MC Methode lieferte uns 6 identisch berechnete Resultate. Die 2.1 Methode ergab bei diesem Mischlingshund eine berechnete Cagegrösse von 9.7 mm, die MC Methode eine Grösse von 7.6mm. Mit dem Goldstandard Common Tangent bei gestrecktem Knie ( $130.1^\circ$ ) erhielten wir eine Grösse von 9 mm. Die von einem Chirurgen gewählte Grösse wäre somit in allen Fällen 9 mm gewesen. Wir wollten mit dem Vorversuch zeigen, dass es unbedingt nötig ist, eine Alternative zur Common Tangent Methode zu finden. Mit der 2.1 und der MC Methode ist dies insofern gelungen, dass wir bei jeder Kniewinkelung zum identischen Resultat kamen wie mit der Goldstandard Methode Common Tangent mit einer Kniewinkelung von  $135^\circ$ .

## 6.2 Diskussion der Methoden

Die beiden von Messpunkten am Femur unabhängigen Methoden (MC, 2.1) wurden von Chirurgen entwickelt um die Streckung des Knies, beziehungsweise die damit verbundenen Lagerungsprobleme zu umgehen (Koch, 2009; Torrington, 2012). Die vollständige Streckung des Kniegelenks variiert in der Auslegung durch das Personal bei der Lagerung zur Röntgenaufnahme. Bei bestehender Meniskopathologie, ungenügender Sedation des Patienten, übergewichtigen oder kachektischen Tieren oder bei starker Arthrose, kann eine vollständige Streckung des Kniegelenkes unmöglich sein und eine korrekte Berechnung des Käfigs mit den etablierten Methoden des Herstellers ist somit höchst wahrscheinlich fehlerhaft. Das Resultat wäre dann ein zu kleiner Käfig, was wiederum zu Spätfolgen wie Schäden an den Menisken führen könnte (Torrington, 2012). Offen ist auch, wie eine physiologische Streckung definiert wird. Es ist bekannt, dass ein Deutscher Schäferhund bei physiologischem Gang einen kleineren femorotibialen Winkel zeigt als beispielsweise ein Boxer oder ein Continental Bulldog, welche anatomisch deutlich steilere Kniewinkel zeigen (Fischer und Lilje, 2011). Ausserdem wird unserer Meinung nach zu unpräzise definiert, wie das Knie genau zu lagern ist. Die Kniewinkelung kann sich beispielsweise schon ändern, wenn man den Patienten lateromedial statt mediolateral lagert, die Beugung im Hüftgelenk geändert wird und bei der Lagerung für das Röntgenbild das kontralaterale Bein nach kranial gezogen oder 90° abduziert wird. Die kleinste Abweichung kann zu Unterschieden bei der Käfiggrösse führen. Es besteht der Verdacht, dass zu kleine Käfige das Auftreten von postoperativen Meniskusschäden fördern (Torrington, 2012). Gemäss verschiedenen Autoren (Guerrero et al., 2007; Inauen et al., 2009) nimmt die Tibia eine besondere Stellung bei der Pathogenese des Kreuzbandrisses ein. Der Hautkraftgeber im Kniegelenke, der M. quadriceps, inseriert am Margo cranialis tibiae und wäre theoretisch in der Lage, bei einem Welpen eine plastische Deformation durchzuführen. Dies könnte sich bei einem relativ zu hohen

Körpergewicht so auswirken, dass die Masse der Tuberositas tibiae sich entlang des unphysiologisch hohen Zuges des Muskels verteilt und die Tibia schmaler wird. Diese Ueberlegungen decken sich mit den Risikofaktoren, welche von verschiedenen Autoren mit dem Sammelbegriff grosser Rassen oder übergewichtiger Hunde subsummiert werden (Whitehair et al., 1993; Inauen et al., 2009; Taylor-Brown et al., 2015). Interessante Ueberlegungen zur Funktion der Tibia machten sich auch Fischer und Lilje (2011). Das so genannte „Pantographenbein“ illustriert die besondere Stellung des Knochens bei der Lokomotion. Das Phänomen des Pantographenbeins beschreibt die gleichmässige Protraktion der Gliedmassen mit ihren drei Elementen in der Stemmphase (vorne 1. Scapula, 2. Humerus 3. Radius/Ulna; hinten 1. Femur, 2. Tibia, 3. Tarsus) mit mehr oder weniger konstanten Gelenkwinkeln wobei jeweils Nummer 1 + 3 parallel stehen. Die Auslenkung von Nummer 1 wird im vergrösserten Massstab auf Nummer 3 übertragen, wobei die Nummer 2 mit Ihrer Länge und Winkelung die Vergrösserung bestimmt. Beim Hund ist die Länge von Femur und Tibia konstant, was somit eine konstante Auslenkung von Unterarm und Hinterfuss ergibt. Das Pantographenbein beschreibt somit ebenfalls die Wichtigkeit der Tibia in der Fortbewegung des Hundes.

Es stellen sich jedoch auch Probleme bei der Bestimmung der verschiedenen Längen für die Berechnungen der Femur-unabhängigen Methoden. Die Definition des kaudalen Randes der Tibia sowie der kraniale Punkt des Tibiaplateaus nach Inauen (Inauen et al., 2009) sind sehr subjektiv und bei starker Arthrose ebenfalls nur schwierig möglich. Schon 1 mm Abweichung kann eine massive Grössenänderung des Cages zur Folge haben (wird durch die 2.1 Methode um den Faktor 2 verdoppelt). Auch die Common Tangent Methode verlangt sowohl korrekte Lagerung (genaue Kongruenz der Femurkondylen, sichtbare Fibula) und korrekte anatomische Kenntnisse des Röntgenbildes (korrekte Identifikation des medialen Femurkondylus, sowie medialer

Epikondylus der Tibia und kranialer Pol der Patella (Lafaver et al., 2007) (Verhoeven, 2001; Botte, 2011).

Schlussendlich bleibt der Faktor 2.1 zu diskutieren. Die Quellenangabe (Inauen et al., 2009) führt die Zahl 1.07 als denjenigen Anteil der Tuberositasbreite, welcher über das Mass der TPL hinausgeht. Aus Gründen der mathematischen Vereinfachung wurde die Zahl auf 2.07 gesetzt, um mit einer einfachen Multiplikation der TPL auf die ideale Tibiabreite zu kommen. Die vom Hersteller propagierte leichte Erhöhung der Käfiggrösse als Folge der hohen Zahl von Meniskusschäden (Hoffmann et al, 2006; Lafaver et al., 2007; Stein und Schmoekel, 2008; Voss et al., 2011) implizierte vor einigen Jahren eine Erhöhung des Faktors auf 2.1. Diese Formel wurde von Koch (2009) als technische Erklärung eingeführt.

### 6.2.1 Gewichtsklasseneinteilung

Die Tatsache, dass bei unserem Patientengut die Cagegrösse mehr oder weniger dem Körpergewicht folgte, gab Anlass zur Entwicklung einer weiteren Methode. Die in Tabelle 4 gelisteten Zuordnungen ergaben sich durch eine Maximierung der richtig eingeteilten Hunde und einer mehr oder weniger einheitlichen Gradierung des Körpergewichtes. Es wurde jeweils ein Toleranzbereich der Cagegrösse plus und minus 1.5 mm gewählt.

Tabelle 4: Gewichtsklasseneinteilung und Cagegrössenzuordnung bei 44 Hunden

Körpergewicht	Cagegrösse	Toleranzbereich	Richtig eingeteilt gemäss Common Tangent	Richtig eingeteilt gemäss MC	Richtig eingeteilt gemäss 2.1
<10 (n=8)	4.5	0-6	5	8	7
10-15 (n=9)	6	4.5-7.5	5	9	8
15-25 (n=8)	7.5	6-9	4	8	8
25-35 (n=9)	9	7.5-10.5	3	9	3
35-45 (n=6)	10.5	9-12	3	6	2
45-60 (n=3)	12	10.5-13.5	3	3	2
>60 (n=1)	15	13.5-....	1	1	1

Es wurde ersichtlich, dass es bei jeder Methode (auch beim Goldstandard Common Tangent) zu Abweichungen kommt, was uns veranlasste, das Gewicht nicht als alleinigen Faktor für die Bestimmung der Cagegrösse zu nutzen. Die Tabelle verdeutlicht, dass es gefährlich sein kann, sich auf eine einzige Methode zu verlassen. Die Gewichtsklassenmethode kann aber sinnvollerweise zur Ueberprüfung der ermittelten Cagegrösse verwendet werden.

### **6.3 Diskussion der Resultate**

Es hat sich herausgestellt, dass alle 4 Methoden zu vergleichbaren Resultaten führten. Technisch gesehen ist somit die Streckung des Knies nicht mehr nötig und die präoperative Vorbereitung würde durch das Erheben der Messpunkte alleine an der Tibia für den Chirurgen erheblich vereinfacht. Die Frage, welche sich jedoch jetzt stellt ist, warum man anhand nur eines Knochens wie der Tibia die Käfiggrösse so genau berechnen kann. Es ist bekannt, dass die Tibia viel Kraft aufzunehmen hat (Fischer und Lilje, 2011). Man dürfte also folgern, dass die Tibia bei einer Fehlbelastung im Welpenalter oder einer züchterisch verursachten Formänderung eine plastische Deformation durchmacht und sich entlang der Muskelzüge verändert. Grosse und schnell wachsende Hunde könnten also ihren starken M. quadriceps so einsetzen, dass die noch weiche Tuberositas tibiae nach proximal gezogen wird. Damit wird die Knochenmasse, welche zur Ausbildung einer grossen Crista tibiae zur Verfügung gestellt werden müsste, in einer proximodistalen Richtung verwendet. Wir sehen solche Tuberositas tibiae vor allem bei den grossen Molossern, welche des Oefteren schon in frühem Alter einen Kreuzbandriss erleiden. Nach obiger Theorie entstünde eine relativ schmale Tuberositas tibiae, was bei Inauen et al. (Inauen et al., 2009) als Risikofaktor für kranialen Kreuzbandriss entdeckt wurde und was

die daraus abgeleitete die Messmethode 2.1 stützt. An dieser Stelle muss eine weitere Entwicklung zur Theorie der plastischen Deformation der juvenilen Tibia ausbleiben, weil dies den Rahmen dieser Arbeit sprengt und weil Untersuchungen über das Femur nicht angestellt wurden. Dennoch könnten die hier gemachten Ueberlegungen und die Resultate anderer (Guerrero et al., 2007; Inauen et al., 2009) dazu dienen, mit Hilfe der Tibiaanatomie Kreuzbandrissfrüherkennung zu betreiben und damit Risikotiere von der Zucht auszuschliessen.

Einer der häufigsten Gründe für Nachoperationen bei einer TTA ist der Meniskusschaden (Kemper et al., 2011). Eine Meniskuspathologie wurde bei den Initialoperationen eventuell übersehen, weil die Menisken nur visuell und nicht arthroskopisch beurteilt wurden. Dies kann natürlich auch zu einer Folgeoperation geführt haben. Als ein weiterer Grund wird eine ungenügende Neutralisierung der Scherkräfte durch zu grosse oder zu kleine Käfige (Apelt et al., 2007; Stein und Schmoekel, 2008) diskutiert. Es muss also davon ausgegangen werden, dass viele Chirurgen Schwierigkeiten mit der Bestimmung des richtigen Cages haben oder, dass die Bestimmung aufgrund von Lagerungsschwierigkeiten nicht richtig durchgeführt werden kann. Unsere Methoden wären somit ein weiterer Schritt zur Erleichterung der präoperativen Vorbereitung und folglich der Prävention sekundärer Meniskusschäden. Diese Arbeit soll auch verdeutlichen, wie enorm wichtig es sein muss, eine eindeutige Messung durchzuführen. Es hat sich gezeigt, dass in der Vergangenheit der Käfig tendenziell zu klein gewählt wurde, was, wie beschrieben, das Risiko eines postoperativen Meniskusschadens erhöht (Tepic, 2014; Torrington, 2016). Wie oben gezeigt wird mit der 2.1 Methode einer zu kleinen Cage-Grössenwahl weitestgehend entgegengewirkt und führt zu einer deutlichen Vereinfachung der Grössenbestimmung.

Nicht zu vergessen ist natürlich, dass selbst bei korrekter Berechnung der Käfiggrösse Folgeschäden entstehen können, nicht zuletzt deshalb, weil Femur

und Tibia während der Fortbewegung eine physiologische Rotation von ca. 20° aufweisen (Fischer, 2016). Es gilt während der Operation höchste Sorgfalt bei der Schnittführung, dem Einsetzen des Käfigs (zu distal führt zu einer Überkorrektur oder sogar einer Fraktur der Crista tibiae, zu kranial zu einer Unterkorrektur und folglich Meniskusschäden), dem Freipräparieren und wieder Verschliessen der beteiligten Muskeln und Sehnen, sowie der postoperativen Überwachung der Gliedmasse. Eine weitere Frage stellt sich angesichts unserer Resultate auch darüber, wie genau eine präoperative Cagemessung überhaupt sein muss. Es wäre eine weitere Herausforderung zu prüfen, ab wann ein Cage zu gross ist und zu welche Konsequenzen dies führen könnte.

Die MC Methode ist die wohl am einfachsten durchzuführende Methode zur Bestimmung der Cagegrösse. Fehler bei der Messungenauigkeit wirken sich weniger deutlich aus, als bei der 2.1 Methode. Wir haben in unserer Arbeit nicht geprüft, inwiefern die Länge des Margo cranialis in Relation steht zu Risikofaktoren, welche zu einem Kreuzbandriss führen, benutzen aber diese Länge als konstantes Abbild der Tibiagrösse und damit als Bezug zur Körpergrösse. Diese Zusammenhänge müssen noch untersucht und bewiesen werden. Die MC Methode negiert die Tibiabreite oder den Abfall des Tibiaplateaus.

Dennoch lassen sich zuverlässige Cagegrössen aus dieser Methode ableiten. Daraus lässt sich schliessen, dass entweder die Margo cranialis Länge in einem Bezug stehen müsste zu möglichen anatomischen Besonderheiten im Zusammenhang mit dem vorderen Kreuzbandriss oder die Toleranzen bei der Cagewahl so gross sind, dass primär die Grösse des Hundes den Ausschlag gibt bei der Wahl der Cagebreite und alle anderen Parameter sekundär werden. Die erste Vermutung muss noch bewiesen werden. Ein möglicher Zusammenhang bestünde in der plastischen Verformung der Tibia entlang des Zuges des M. quadriceps beim wachsenden Hund, welche sowohl zu einer Verlängerung des

Margo cranialis als auch zu einer Reduktion der Tibiabreite führen könnte. Diese beiden Verformungen führen sowohl bei der Methode 2.1 als auch bei der Methode MC zu einem grossen Cage. Auf Basis der bis dato vorliegenden Informationen dient die MC Methode zur Validierung einer Erstmessung und sollte nicht als alleinige Methode herangezogen werden.



## 7. Schlussfolgerung

Aufgrund der dargestellten Resultate können die Methoden MC und 2.1 zur Bestimmung der Cagegrösse für eine TTA Operation verwendet werden. Da es jedoch in der Hundewelt zu massiven Unterschieden in der Anatomie kommen kann und wir nach wie vor der Meinung sind, dass das Femur in die Messung mit einbezogen werden sollten, empfehlen wir, jeweils 2 der 4 Methoden zur Cagebestimmung heranzuziehen. Die MC Methode ignoriert beispielsweise die Breite der Tibia. Besteht eine anatomisch auffällige Tibiakonformation, sollten Messmethoden gewählt werden, welche diese Abweichungen mit einbeziehen. Diese Arbeit zeigt, dass präoperative Röntgenbilder als Planung für eine TTA und die Bestimmung der Käfiggrösse in beinahe jeder Position gemacht werden können, sofern die geeignete Messmethode gewählt wird. Wir empfehlen, für die Käfiggrössenbestimmung jeweils 2 Messmethoden anzuwenden. Wenn eine Streckung des Knies möglich ist, kann sowohl die Common Tangent Methode, wie auch die 2.1 Methode angewendet werden. Liegt eine anatomische Besonderheit oder eine technische Defizienz vor, sollte mit der 2.1 Methode und der Margo Cranialis Methode gearbeitet werden (Femur- unabhängige Methoden). Die Methode mit der Gewichtsklasseneinteilung kann als Überprüfung immer eingesetzt werden.

Es hat sich gezeigt, dass nach TTA Operationen sehr unterschiedliche Statistiken bezüglich der Meniskusschäden ergeben. Sollte dies auf Fehler bei der Berechnung der Käfiggrössen zurückzuführen sein, könnte unser Vorschlag zur Käfigbestimmung diesen Prozentsatz deutlich nach unten korrigieren. Bei der Berechnung der Käfiggrösse ist auch zu beachten, dass grössere und schwerere Hunde in der Regel auch grössere Käfige benötigen. Sollte es bei einer Berechnung eines 35 kg schweren Hundes zu einer Käfiggrösse kleiner als 9 kommen, sollte das Resultat unbedingt mit anderen Methoden überprüft werden.

## 8. Literaturverzeichnis

*Arnoczky S.P., Tarvin G.B., Marshall J.L., Saltzman B.:* The “over-the-top” procedure: A technique for anterior cruciate ligament substitution in the dog. J Am Anim Hosp Assoc 1979, 15: 283-290.

*Apelt D., Kowaleski M. P. und Boudrieau R. J.:* Effect of tibial tuberosity advancement on cranial tibial subluxation in canine cranial cruciate-deficient stifle joints: an in vitro experimental study. Vet Surg 2007, 36: 170-177.

*Bland J. M. und Altman D. G.:* Measuring agreement in method comparison studies. Stat Methods Med Res 1999, 8: 135-160.

*Botte R.:* TTA Pre-Op Planning Guide. Kyon AG Zürich, 2011.

*Carstensen B.:* Comparing methods of measurement: Extending the LoA by regression. Stat Med 2010, 29: 401-410.

*de Angelis M. und Lau R. E.:* A lateral retinacular imbrication technique for the surgical correction of anterior cruciate ligament rupture in the dog. J Am Vet Med Assoc 1970, 157.

*Duval J. M., Budsberg S. C., Flo G. L. und Sammarco J. L.:* Breed, sex, and body weight as risk factors for rupture of the cranial cruciate ligament in young dogs. J Am Vet Med Assoc 1999, 215: 811-814.

*Fischer M. S. und Lilje K. E.:* Hunde in Bewegung. Dortmund, VDH Service GmbH, 2011.

*Fischer M.:* Dogs in Motion. Proceedings, Kyon meeting. Zürich, 2016.

*Flo G. L.:* Modification of the lateral retinacular imbrication technique for stabilizing cruciate ligament injuries. J Am Anim Hosp Assoc 1975, 11.

*Guerrero T. G., Geyer H., Hässig M. und Montavon P. M.:* Effect of conformation of the distal portion of the femur and proximal portion of the tibia on the pathogenesis of cranial cruciate ligament disease in dogs. Am J Vet Res 2007, 68: 1332-1337.

*Hayashi K., Manley, P.A., Muir P.:* Cranial cruciate ligament pathophysiology in dogs with cruciate disease: a review. J Am Animal Hosp Assoc 2004, 40: 385-390.

*Hoffmann D.E., Miller J.M., Ober C.P., Lanz O.I., Martin R. A. und Shires P.K.:* Tibial tuberosity advancement in 65 canine stifles. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2006, 19: 8.

*Inauen R., Koch D., Bass M. und Hässig M.:* Tibial tuberosity conformation as a risk factor for cranial cruciate ligament rupture in the dog. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2009, 22: 16-20.

*Cook J.L., Luther J.K., Beetem J., Cook C.R.:* Thightrope CCL for Treatment of cranial cruciate deficiency in dogs: Technique and results of a prospective comparison to TPLO using a validated outcome measures. From Arthrex Vet Systems. University of Missouri, Comparative Orthopaedic Laboratory, White Paper, 2007.

*Kemper M., Koch D., Bass M. und Inauen R.:* Revision operation rate after 214 tibial tuberosity advancements as therapy for anterior cruciate ligament tears in dogs. *Schweiz Arch Tierheilkd* 2011, 153: 131-133.

*Knebel J. und Meyer-Lindenberg A.:* Aetiology, pathogenesis, diagnostics and therapy of cranial cruciate ligament rupture in dogs. *Tierärztliche Praxis Ausgabe Kleintiere Heimtiere* 2014, 42: 36-47.

*Koch D.* Alternative measurement of spacer width in TTA surgery. *Daniel Koch Small Animal Surgery Referrals*, Diessenhofen, 2009.

*Koch D. und Fischer M. S.:* Lahmheitsuntersuchung beim Hund, Funktionelle Anatomie, Diagnostik und Therapie. *Enke Verlag*, Stuttgart, 2015.

*Lafaver S., Miller N. A., Stubbs W. P., Taylor R. A. und Boudrieau R. J.:* Tibial tuberosity advancement for stabilization of the canine cranial cruciate ligament-deficient stifle joint: surgical technique, early results, and complications in 101 dogs. *Vet Surg* 2007, 36: 573-586.

*Miller J. M., Shires P. K., Lanz O. I., Martin R. A. und Grant J. W.:* Effect of 9 mm tibial tuberosity advancement on cranial tibial translation in the canine cranial cruciate ligament-deficient stifle. *Vet Surg* 2007, 36: 335-340.

*Montavon P. M., Damur D. M. und Tepic S.:* Advancement of the tibial tuberosity for the treatment of cranial cruciate deficient canine stifle. 1st World Orthopaedic Veterinary Conference, Munich, 2002.

*Moore K. W. und Read R. A.:* Cranial cruciate ligament rupture in the dog - a retrospective study comparing surgical techniques. *Aust Vet J* 1995, 72: 281-285.

*Osmond C. S., Marcellin-Little D. J., Harrysson O. L. und Kidd L. B.:* Morphometric assessment of the proximal portion of the tibia in dogs with and without cranial cruciate ligament rupture. *Vet Radiol Ultrasound* 2006, 47: 136-141.

*Read R. A. und Robins G. M.:* Deformity of the proximal tibia in dogs. *Vet Rec* 1982, 111: 295-298.

*Selmi A. L. und Padilha Filho J. G.:* Rupture of the cranial cruciate ligament associated with deformity of the proximal tibia in five dogs. *J Small Anim Pract* 2001, 42: 390-393.

*Shelbourne K.D., Davis T.J., Klotwyk T.E.:* The relationship between intercondylar notch width of the femur and the incidence of anterior cruciate ligament tears. A prospective study. *Am J Sports* 1998, 26: 402-408.

*Slocum B. und Devine T.:* Cranial tibial thrust: a primary force in the canine stifle. *J Am Vet Med Assoc* 1983, 183: 456-459.

*Slocum B. und Slocum T. D.:* Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1993, 23: 777-795.

*Smith G. K. und Torg J. S.:* Fibular head transposition for repair of cruciate-deficient stifle in the dog. *J Am Vet Med Assoc* 1985, 187: 375-383.

*Stein S. und Schmoekel H.:* Short-term and eight to 12 months results of a tibial tuberosity advancement as treatment of canine cranial cruciate ligament damage. *J Small Anim Pract* 2008, 49: 398-404.

*Taylor-Brown F. E., Meeson R. L., Brodbelt D. C., Church D. B., McGreevy P. D., Thomson P. C. und O'Neill D. G.:* Epidemiology of cranial cruciate ligament disease diagnosis in dogs attending primary-care veterinary practices in England. *Vet Surg* 2015, 44: 777-783.

*Tepic S., Damur D. und Montavon, P.M.:* Biomechanics of the stifle joint. In: *Proceedings of the 1st World Orthopedic Veterinary Congress, Munich, Germany, 2002.*

*Tepic S. und Torrington A.:* White Paper on residual post-operative stifle instability in TTA. *Kyon Symposium, Zürich, 2014.*

*Timmermann C., Meyer-Lindenberg A. und Nolte I.:* Maintenance of the cranial cruciate ligament rupture in the dog using an intra-articular ("over-the-top") and an extra-articular ("fascia-doubling") method. *Tierärztliche Praxis* 1996, 24: 590-595.

*Torrington A.:* Margo cranialis length defined estimation of TTA cage size. Proceedings, TTA course, Brighouse, Yorkshire, 2012

*Torrington A.:* Meniscus after TTA, Proceedings. Kyon Symposium. Zürich, 2016.

*Vasseur P. B.:* Stifle joint. Textbook of small animal surgery. Editor: D. Slatter. Philadelphia, W.B. Saunders. 1993: 1817-1865.

*Vasseur P. B., Pool R. R., Arnoczky S. P. und Lau R. E.:* Correlative biomechanical and histologic study of the cranial cruciate ligament in dogs. *Am J Vet Res* 1985, 46: 1842-1854.

*Verhoeven G.:* Tibial Tuberosity Advancement: A step-by-step approach to the surgical technique and anatomical landmarks. Gent University Faculty of Veterinary Medicine, Belgium, 2001.

*Voss K., Wiestner T., Galeandro L., Hässig M. und Montavon P. M.:* Effect of dog breed and body conformation on vertical ground reaction forces, impulses, and stance times. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2011, 24: 106-112.

*Whitehair J. G., Vasseur P. B. und Willits N. H.:* Epidemiology of cranial cruciate ligament rupture in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 1993, 203: 1016-1019.

## 9. Lebenslauf

Vornamen Name	Olivia Madeleine Kiefer
Geburtsdatum	30.8.1982
Geburtsort	Muttenz BL
Nationalität	CH
Heimatort	Muttenz BL
1989-1994	Primarschule in Muttenz BL
1994-1998	Progymnasium in Muttenz BL
1998-2001	Gymnasium in Muttenz BL
2002-2009	Studium der Veterinärmedizin, Vetsuisse Fakultät der Universität Zürich, Schweiz
Oktober 2009	Abschlussprüfung, Staatsexamen an der Universität Zürich, Schweiz
Okt. 2015 - Feb. 2017	Anfertigung der Dissertation unter der Leitung von Dr. med. vet. ECVS Daniel Koch, Kleintierchirurgie AG, Diessenhofen, TG Departement für Kleintierchirurgie der Vetsuisse Fakultät Universität Zürich Direktor Prof. Dr. med. vet. Dipl. ECVS, AVCS, ACVSMR Antonio Pozzi
Sept. 2009 – Okt. 2012	Assistentztierärztin, Tierklinik am Kreis, Netstal, GL, Schweiz
Nov. 2012 – Aktuell	Assistentztierärztin Kleintierpraxis am Bahnhof, Pratteln, BL, Schweiz, sowie Assistentztierärztin Tierarztpraxis Dr Meszaros, Muttenz, BL, Schweiz

## **10. Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denen herzlichst bedanken, die durch ihre Unterstützung zum Gelingen meiner Arbeit beigetragen haben. Mein besonderer Dank gilt:

Herrn Prof. Dr. med. vet. Dipl. ECVS, ACVS, ACVSMR A. Pozzi für die Übernahme des Referates.

Herrn Prof. Dr. med. vet. Dipl. ECVDI Patrick R. Kircher für die Übernahme des Korreferates und die raschen Korrekturen.

Herrn Dr. med. vet. Dipl. ECVS Daniel Koch für die Überlassung des spannenden Themas, für die wissenschaftliche Leitung des Projektes und die kompetente, professionelle, fachliche und tatkräftige Unterstützung.

Herrn Dr. Sci. Dipl. Ing. Slobodan Tepic, Präsident & CEO der Firma Kyon AG, für die Bereitstellung von Material und Erklärung der Messmethoden.

Herrn Prof. Dr. Paul Torgerson für die Hilfe beim statistischen Teil der Arbeit.

Herrn Dr. med. vet. Dipl. ECVS Philipp Schmierer für die Durchsicht und Korrektur der Arbeit.

Den Tierarztpraxen Kleintierpraxis am Bahnhof in Pratteln und Tierarztpraxis Dr. Meszaros in MuttENZ für das Ermöglichen der Dissertation neben der Arbeit als Assistenztierärztin.

Herrn M. di Tizio für die Hilfe beim Erstellen der Abbildungen.

Frau med. vet. U. Gardelli bei der Hilfe der englischen Übersetzung.

## 11. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Kniegelenk in Seitenansicht mit Vektoranalyse. Der Quadrizepsmuskel fungiert als Hauptkraftgeber des Kniegelenks. Ein Teil zieht senkrecht zum Tibiaplateau (FJC), während sein nach kranial gerichteter Anteil, die Scherkraft (cranial tibial thrust, CTT), permanent am vorderen Kreuzband zieht (Koch D., 2015). ....	7
Abbildung 2: Der Femorotibiale Winkel $\alpha$ beträgt 77.2° .....	11
Abbildung 3: Der femorotibiale Winkel $\alpha$ beträgt 91.6° .....	11
Abbildung 4: Der femorotibiale Winkel $\alpha$ beträgt 108.4° .....	11
Abbildung 5: Der femorotibiale Winkel $\alpha$ beträgt 146.6° .....	11
Abbildung 6: Darstellung der Messparameter zur Berechnung der Käfiggrösse.....	14
Abbildung 7: Bestimmung des femorotibialen Winkels mit Hilfe von Hilfslinien, Beim abgebildeten Knie ist der femorotibiale Winkel $\alpha = 127.2^\circ$ .....	15
Abbildung 9: Mittels der Kyon Kreisfolie wurden die Mittelpunkte von Femurkondylen und Tibiakondylen bestimmt. Die Mittelpunkte wurden verbunden (blau) und die Hilfslinien parallel platziert. Hier wird eine Cagegrösse von 6mm gemessen. ....	18
Abbildung 10: Ermittlung der Käfiggrösse mit der 2.1 Methode .....	19
Abbildung 11: Vergleich zwischen Methode CT und PV .....	22
Abbildung 12: Vergleich zwischen der Methode CT und MC .....	22
Abbildung 13: Vergleich zwischen der Methode CT und 2.1.....	23
Formel 1.....	19
Formel 2.....	20
Tabelle 1: Untersuchte Hunde .....	12
Tabelle 2: Käfiggrössenbestimmung mit 4 Methoden bei einem Knie in 6 verschiedenen Lagerungspositionen .....	21
Tabelle 3: Uebersicht über die Ergebnisse nach Messung von 44 Knien, die Tabelle ist sortiert nach Körpergewicht der Hunde. Die Ergebnisse wurden auf zwei Dezimalstellen gerundet. ....	24
Tabelle 4: Gewichtsklasseneinteilung und Cagegrössenzuordnung bei 44 Hunden .....	28